

ДЕЯКІ ПАРАМЕТРИ КОЛИВАНЬ ВІКОННОГО СКЛА

І. О. Пугач¹, О. Д. Василенко¹

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

Анотація

Захист від прослуховування за допомогою лазерних систем акустичної розвідки – одна з сучасних проблем захисту акустичної інформації. Коливання скла від акустичного випромінювання створює сигнал для ЛСАР, тому важливо визначення параметрів цих коливань.

Ключові слова: коливання, скло, мовленні сигнали

Вступ

Технічний захист мовної інформації займає важливе місце в комплексному захисті інформації. Це обумовлено тим, що мовна інформація є найбільш інформативною, а її витік може призвести до великих втрат.

Використання лазерної системи акустичної розвідки (ЛСАР), так званих «лазерних мікрофонів», є однією з небезпек отримання мовної інформації із приміщення. Завдяки лазерно-локаційному зондуванню шпиків й інших відбиваючих поверхонь можливо відтворити розмову, що ведеться під час конфіденційних перемовин. Тому доцільно визначити параметри коливань поверхні скла, що виходить назовні, у залежності від різних факторів.

1. Головні чинники коливань скла

Головними чинниками виникнення коливань скла є:

- 1) звуковий тиск;
- 2) діапазон частот;
- 3) параметри віконного скла.

Звуковий тиск у приміщенні від людського мовлення прийнято вважати від 0.2 Па до 1 Па [1].

Мовний діапазон частот знаходиться від 0.3 кГц до 3.4 кГц. Сигнал, що проходить на скло, можна умовно розділити на дві частини:

- сигнал, що несе в собі інформаційну складову (низькочастотний);
- сигнал, у якому міститься ідентифікаційна складова.

Ідентифікаційний сигнал складається із формант – характеристики звуків мовлення (насамперед головних), пов'язана з рівнем частоти голосового тону і утворює тембр голосу.

Насамперед, нас цікавить інформаційна складова мовного сигналу. Згідно з [2] частоти основного тону чоловіків знаходяться в діапазоні 80 – 220 Гц, а в жінок 130 – 310 Гц.

2. Оцінка коливань скла

Для розрахунку амплітуди коливань скла в залежності від частоти будемо використовувати формулу [3]:

$$\Delta = \frac{P}{2\pi frc \cdot 10^{\frac{R}{20}}},$$

де P – звуковий тиск (Па), f – частота (Гц), r – щільність атмосфери (для повітря 1.27 кг/м³), c – швидкість розповсюдження звукової хвилі в атмосфері (для повітря 330 м/с), R – звукоізоляція вікна (дБ).

Методи визначення індексів звукоізоляції наведені в міжнародних нормативних документах, зокрема ISO 717-1, ISO 140. Індеси звукоізоляції, що будуть використані при розрахунку, наведені в табл. 1 [4]

Табл. 1. Індеси звукоізоляції вікон

Товщина скла/формула склопакета	R, дБ
4 мм	26
6 мм	28
Склопакет 6 мм/ 20 мм /6 мм	30
Шумоізоляційний склопакет 16.76 мм/ 15 мм /12.76 мм	47

Отримані графіки залежності амплітуди коливань скла від частоти наведені на рис. 1а та рис. 1б.

На графіках показано залежність амплітуди коливань скла, що складає від 6 нм (для шумоізоляційного склопакету) до 60 нм (для 4 мм скла), у залежності від частоти мовного сигналу та індекса звукоізоляції вікна при рівні звукового тиску 0.2 Па. Відповідно до формули при рівні звукового тиску 1 Па амплітуда збільшиться відповідно в 5 разів і складатиме від 30 нм (для шумоізоляційного склопакету) до 300 нм (для 4 мм скла).

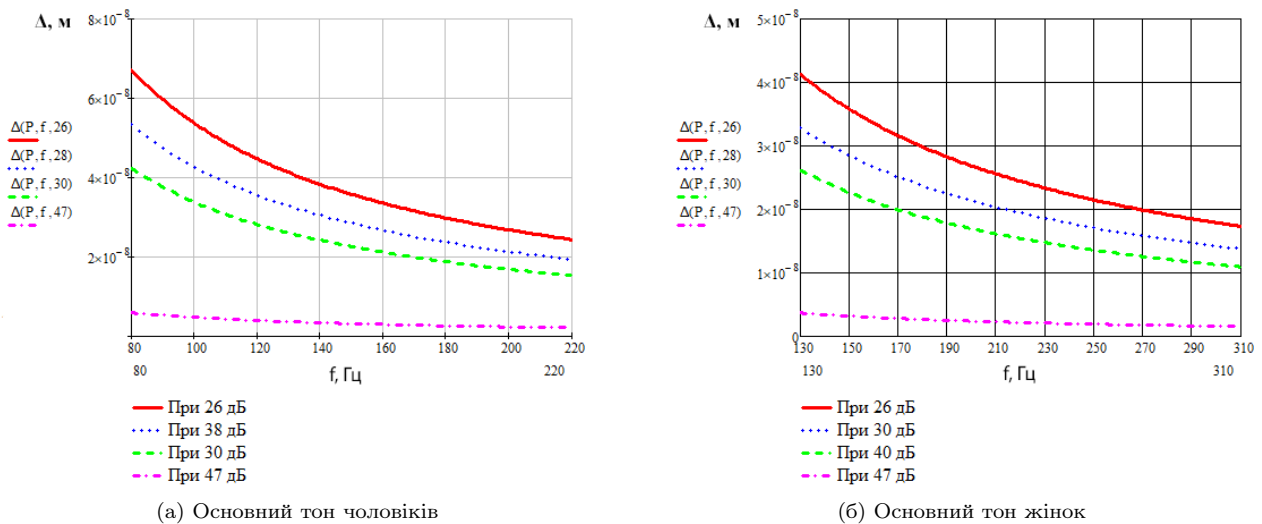


Рис. 1. Залежність амплітуди коливань скла від частот основного тону

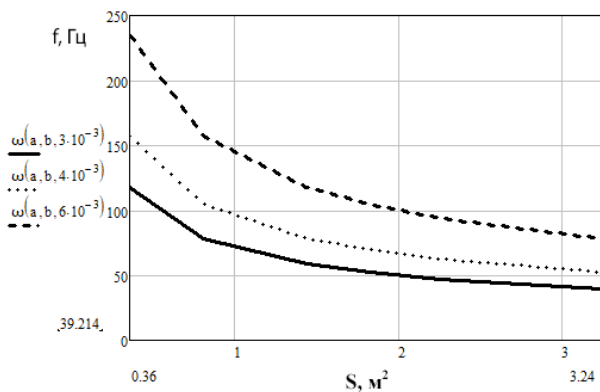


Рис. 2. Частота резонансу скла в залежності від площі

Частота резонансу скла визначається згідно формули [5]:

$$\omega = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot h^2}{\rho \cdot (1 - \sigma^2)}} \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2},$$

де E – модуль пружності, h – товщина скла, ρ – щільність скла, σ – коефіцієнт Пуассона, a, b – розміри скла.

Розміри віконного скла обираються згідно до ДСТУ Б В.2.6-15:2011, а саме від 0.6 м до 1.8 м. На рис. 2 наведено графіки для скла товщини 3 мм, 4 мм та 6 мм. З графіків видно, що найбільший показник зміни резонансу до 1 м², а також, чим тонше скло, тим менше його резонансна частота. Усі резонансні частоти скла потрапляють у діапазон частот інфор-

маційної складової мовного сигналу й становлять від 70 Гц до 235 Гц.

3. Висновки

Отримані теоретичні залежності коливань скла для діапазону акустичного випромінювання 0.2 – 1 Па та діапазону інформаційних частот 80 – 320 Гц.

Отриманні результати можуть бути використані при визначенні параметрів сигналу ЛСАР, а також для формування вимог до системи захисту.

Перелік використаних джерел

1. А. Сапожков М. Электроакустика. Учебник для вузов. – Связь, 1978. – С. 272.
2. Дидковский В. С., Дидковская М. В., Продеус А. Н. Акустическая экспертиза каналов речевой информации. – 2008.
3. Заболотный В. И., А. Ковальчук Ю. Оценка амплитуды колебания оконного стекла под действием акустических волн. – 2009.
4. Основные принципы проектирования шумозащитного остекления. – 2018. – Режим доступа: www.wikipro.ru.
5. Куприянов А. И., Шевцов В. В. Потенциальная чувствительность и дальность действия лазерного микрофона // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 55. – 2012.